

BEST AVAILABLE COPY

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 4 年 4 月 9 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 4 - 1 1 5 2 7 7

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号

The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

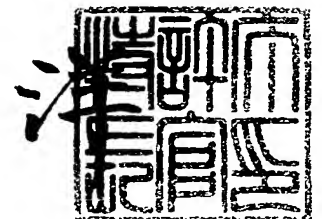
J P 2 0 0 4 - 1 1 5 2 7 7

出 願 人
Applicant(s): 松下電器産業株式会社

2 0 0 5 年 4 月 1 3 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 付 付 願
【整理番号】 2032460036
【提出日】 平成16年 4月 9日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02F 1/37
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 水内 公典
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 山本 和久
【特許出願人】
 【識別番号】 000005821
 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100097445
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 岩橋 文雄
【選任した代理人】
 【識別番号】 100103355
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 坂口 智康
【選任した代理人】
 【識別番号】 100109667
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 内藤 浩樹
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 011305
 【納付金額】 16,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9809938

【請求項 1】

シングルモード導波路と
モード変換器と、
波長選択フィルターと
反射体と

ワイドストライプの半導体レーザと、を備え

前記半導体レーザからの光は前記モード変換器を介して前記シングルモード導波路に結合し、

前記シングルモード導波路に結合した光の一部が前記シングルモード導波路の出射端面または前記反射体に反射されて、前記半導体レーザの活性層に帰還し、

前記シングルモード導波路を通過した光は前記波長選択フィルターを通った後、その一部が前記反射体に反射されて前記半導体レーザの活性層に帰還し、

前記半導体レーザの発振モードが前記帰還した両方の光により制限されることを特徴とするコヒーレント光源。

【請求項 2】

前記モード変換器がテーパー導波路である請求項 1 記載のコヒーレント光源。

【請求項 3】

前記モード変換器がテーパーファイバーである請求項 1 記載のコヒーレント光源。

【請求項 4】

前記波長選択フィルターがファイバーグレーティングである請求項 1 記載のコヒーレント光源。

【請求項 5】

前記波長選択フィルターと前記反射体は前記シングルモード導波路に形成されたブラック反射グレーティングとして一体化されている請求項 1 記載のコヒーレント光源。

【請求項 6】

前記波長選択フィルターが多層膜バンドパスフィルターである請求項 1 記載のコヒーレント光源。

【請求項 7】

前記波長選択フィルターと前記反射体は前記半導体レーザに形成されたブラック反射グレーティングとして一体化されている請求項 1 記載のコヒーレント光源。

【請求項 8】

前記シングルモード導波路が周期状の分極反転構造を備え、前記光導波路を伝搬したレーザ光の一部が前記分極反転構造により波長変換される請求項 1 記載のコヒーレント光源。

【請求項 9】

シングルモード導波路と、

前記シングルモード導波路の一方の端に形成されたテーパー導波路と、

前記テーパー導波路の端面に形成された入射部と、

波長選択フィルターと、

反射体と

ワイドストライプの半導体レーザと、を備え

前記半導体レーザからの光は前記テーパー導波路の入射部に結合した後、前記シングルモード導波路を伝搬し、その一部が前記波長選択フィルターを通った後前記反射体に反射されて前記半導体レーザの活性層に帰還し、

前記帰還した光により、前記半導体レーザの発振モードが制限されているコヒーレント光源。

【請求項 10】

前記波長選択フィルターと前記反射体は前記シングルモード光導波路に形成されたブラック反射グレーティングとして一体化されている請求項 9 記載のコヒーレント光源。

【請求項 11】

・ 前記シングルモード導波路が非線形光学材料からなり、

前記シングルモード導波路に周期状の分極反転構造を備え、

前記半導体レーザからの光が前記分極反転構造により波長変換されている請求項 9 記載のコヒーレント光源。

【請求項 12】

ブラッグ反射グレーティングを備えたワイドストライプの半導体レーザと、

シングルモード導波路と、

前記シングルモード導波路の一方の端に形成されたテーパ導波路と、

反射体と、

前記テーパ導波路の端面に形成された入射部と、を備え、

前記半導体レーザからの光は前記テーパ導波路の入射部に結合した後、前記シングルモード導波路を伝搬し、その一部が前記反射体または前記シングルモード導波路の出射端面に反射されて前記半導体レーザの活性層に帰還し、

前記帰還した光により、前記半導体レーザの発振モードが制限されているコヒーレント光源。

【請求項 13】

前記光導波路デバイスが非線形光学材料からなり、

前記シングルモード導波路に周期状の分極反転構造を備え、

前記半導体レーザからの光が前記分極反転構造により波長変換されている請求項 12 記載のコヒーレント光源。

【請求項 14】

前記シングルモード導波路の出射端面に、基本波を反射し、高調波透過するダイクロイックミラーを備えている請求項 13 記載のコヒーレント光源。

【請求項 15】

前記ワイドストライプの半導体レーザのストライプ幅が $100\text{ }\mu\text{m}$ 以下である請求項 1 ～ 14 のいずれか一項記載のコヒーレント光源。

【請求項 16】

前記半導体レーザの横モードが前記反射体からの反射光によりほぼシングルモード発振に固定されている請求項 1 ～ 15 のいずれか一項記載のコヒーレント光源。

【請求項 17】

請求項 1 ～ 16 記載の何れかのコヒーレント光源と画像変換光学系とを有し、前記コヒーレント光源からの光を前記光学系により 2 次元画像に変換する光学装置。

【請求項 18】

前記画像変換光学系が 2 次元のビーム走査光学系からなる請求項 17 記載の光学装置。

【請求項 19】

前記画像変換光学系が 2 次元スイッチからなる請求項 17 記載の光学装置。

【発明の名称】 コヒーレント光源および光学装置

【技術分野】

【0001】

本発明は光導波路デバイスを用いたコヒーレント光源およびこれを利用した光学装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体レーザは、小型、高出力であり、電気-光の変換効率が40%を越える高効率変換が可能である。半導体レーザは光導波路構造を取り、導波路内の光の閉じ込めを利用して高効率化を図っている。しかしながら、光導波路構造内における光の閉じ込めは半導体レーザ高出力化を制限する。導波路内でのパワー密度が高くなることで、出射部近傍でのパワー密度が高くなり端面破壊を起こす。また、導波路内でのパワー密度が高くなることで信頼性が劣化する。これらの問題により半導体レーザの高出力化が制限されている。これを解決するには、半導体レーザの光のパワー密度を低減するのが有効であり、光を閉じ込める導波路の断面積を大きくすることで光のパワー密度を低減し、高出力化が図られている。このような半導体レーザをワイドストライプ半導体レーザと称し、数100mW～数Wの高出力特性が実現されている。しかしながら、ワイドストライプの半導体レーザにおいては、導波路内を伝搬する光をシングルモードに保つことが難しく、光の電界分布は、複数のマルチモードの存在により不均一となる。ワイドストライプの半導体レーザは、通常光ディスクや光通信に利用されるシングルモードの半導体レーザとは異なり、集光特性が大きく低下する。また、複数のモードが存在するため、半導体レーザが発振する縦モードに関してもマルチ化し、複数の半波長スペクトルが存在するため、単一波長での発振が難しくなる。このため、空間的にも時間的にもコヒーレンスが劣化しており、シングルモードのファイバーや導波路デバイスへの応用は難しい。

【0003】

この問題を解決する方法として、半導体レーザに光帰還をかける方法が提案されている。半導体レーザの導波モードは外部からの光帰還で制御可能である。たとえば、非特許文献1に示したように狭帯域の波長選択フィルターやファイバークレーティングで半導体レーザの出射光を波長選択した後、半導体レーザの共振器内に帰還することで、半導体レーザの発振波長を固定できる。また、半導体レーザの横モードの制御も可能である。非特許文献2に示したように、非線形ミラーにより外部から光を返すことで、ワイドストライプレーザをシングルモード発振する方法が提案されている。

【非特許文献1】 Optics Letters, vol. 22, No. 16, pp 1250-1252 (1997)

【非特許文献2】 Optics Letters, vol. 23, No. 11, pp 825-827 (1998)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

半導体レーザの発振波長は光フィードバックによって制御可能である。しかしながら、高出力の半導体レーザは、ワイドストライプの導波路構造をとっており、発生する光は発振波長に影響する縦モードのみならず、出射光の電界分布である横モードも同時にマルチモード状態である。従来の光フィードバックでは、このような高出力のワイドストライプ半導体レーザに対して、縦モードのシングル性は実現可能であるが、横モードのシングル性を実現することができないという問題があった。このためシングルモードの導波路デバイスとワイドストライプ半導体レーザの結合が極端に低下してしまうという問題があった。

【0005】

また、非線形ミラーによって横モードを制御する方法が提案されている。しかしながら

・、非線形ミラーは効率が低いため、非帯同いミラーを必要とする。さらに、光子ボになり、小型化、安定化が難しいという問題があった。

【課題を解決するための手段】

【0006】

シングルモード導波路と、モード変換器と、波長選択フィルターと、反射体と、ワイドストライプの半導体レーザと、を備え、前記半導体レーザからの光は前記モード変換器を介して前記シングルモード導波路に結合し、前記シングルモード導波路に結合した光の一部が前記シングルモード導波路の出射端面または前記反射体に反射されて、前記半導体レーザの活性層に帰還し、前記シングルモード導波路を通過した光は前記波長選択フィルターを通過した後、その一部が前記反射体に反射されて前記半導体レーザの活性層に帰還し、前記半導体レーザの発振モードが前記帰還した両方の光により制限されることを特徴とするコヒーレント光源である。

【0007】

また、シングルモード導波路と、前記シングルモード導波路の一方の端に形成されたテーパー導波路と、前記テーパー導波路の端面に形成された入射部と、波長選択フィルターと、反射体と、ワイドストライプの半導体レーザと、を備え前記半導体レーザからの光は前記テーパー導波路の入射部に結合した後、前記シングルモード導波路を伝搬し、その一部が前記波長選択フィルターを通過した後前記反射体に反射されて前記半導体レーザの活性層に帰還し、前記帰還した光により、前記半導体レーザの発振モードが制限されているコヒーレント光源である。

【0008】

またブラッグ反射グレーティングを備えたワイドストライプの半導体レーザと、シングルモード導波路と、前記シングルモード導波路の一方の端に形成されたテーパー導波路と、反射体と、前記テーパー導波路の端面に形成された入射部と、を備え、前記半導体レーザからの光は前記テーパー導波路の入射部に結合した後、前記シングルモード導波路を伝搬し、その一部が前記反射体または前記シングルモード導波路の出射端面に反射されて前記半導体レーザの活性層に帰還し、前記帰還した光により、前記半導体レーザの発振モードが制限されているコヒーレント光源である。

【0009】

また上記何れかのコヒーレント光源と画像変換光学系とを有し、前記コヒーレント光源からの光を前記光学系により2次元画像に変換する光学装置である。

【発明の効果】

【0010】

本発明は、ワイドストライプの半導体レーザを光帰還により縦モードおよび横モードを同時にシングルモードに近い発振状態に制御し、シングルモード導波路との高効率結合を実現するものである。具体的には、横モードを制御するモード変換器と波長選択フィルターにより、半導体レーザから出た光を波長選択とモード選択した後、光を活性層に帰還する構成をとる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

この発明のキーとなるのは、波長選択とモード選択を同時に行った光を光フィードバックにより半導体レーザに帰還する点にある。この現象を利用したコヒーレント光源について説明する。

【0012】

（実施の形態1）

図1は本発明のコヒーレント光源の構成図である。半導体レーザ101とシングルモード導波路103からなる。半導体レーザから出た光はモード変換器102によりビーム整形されシングルモード導波路103に入射する。導波路を通過した光は波長フィルター104を通過した後、ミラー105で反射され、同じ経路を通過して、半導体レーザ101の活性層に帰還する。ワイドストライプレーザの場合、横モードがマルチモードのため、出力さ

れる光のフィードバック（F P - L D）は図 2（b）の形になり、強度分布を持った光となっている。このため、モード変換器 102 を通ってもシングルモード導波路との結合効率は 10 % 以下になる。モード変換器は、横モードシングルの光に対しては有効であるが、図 2（b）のようなランダムな強度分布を持った光をシングルモード導波路の伝搬ビームに近い形には成型できない。これに対して、波長選択フィルターおよびモード変換器を通った光を帰還させると、N F P は図 2（c）の形に成型される。これによって、モード変換器によって変換された光はシングルモード導波路に 50 % 以上の高効率で結合することが可能となる。光フィードバックにより横モードが整形可能となったからである。即ち、モード変換器と波長フィルターを介して光フィードバックを行うことで、ワイドストライプ半導体レーザの横モード制御が可能となり、シングルモード導波路との高効率結合が実現した。

【0013】

以下にその原理について説明する。通常のアブリペロー半導体レーザ（以下 F P - L D とする）は、広いゲインを持っている。例えばシングルモードの F P - L D は、導波路を伝搬する横モードは固定（シングルモード）であるが、広いゲインの波長範囲で発振が可能である。この発振波長を決定するのは、半導体レーザのロス（損失）とゲイン（利得）である。半導体レーザは、最もロスが少なく、ゲインの大きな波長で発振する。グレーティングフィードバック等により半導体レーザの発振波長を可変する方法はこの特性を利用している。半導体レーザの広い発振可能な波長領域において、特定の波長（ゲインの範囲内）を帰還すると帰還波長の光が共振器内で増加するため、見かけ上帰還波長の伝搬ロスが他の波長に比べて低減する。これによって最もロスの少なくなった、帰還波長が、半導体レーザの発振波長となって固定される。

【0014】

半導体レーザの発振がロスとゲインの関係より決定される原理を利用して、ワイドストライプの F P - L D の縦モードおよび横モードを制御する方法を提案するのが本発明の構成である。ワイドストライプの F P - L D は導波路幅が広いので、横モードがマルチモードである。このため、縦モード、横モード共に広い発振範囲をもっている。半導体レーザに特定の波長および特定の横モードに選択的に光帰還をかけることで、ワイドストライプ半導体レーザの横モード、縦モード、発振波長を制御することが可能となる。

【0015】

横モードに関しても発振モードと同様に、横モードがシングルモードで発振した場合に最も強い光フィードバックがかかるように設計することで、半導体レーザの横モードを選択的に励起できる。このため、横モードに関してはモード変換器を介してのフィードバックが有効である。モード変換器はプリズムを組み合わせたもので、ワイドストライプレーザの大きなスペクトル比をもつ発振モードを、シングルモード導波路のアスペクト比にあわせる役目をもつ。モード変換器によって、半導体レーザの横モードがシングルモードで発振した場合に、シングルモード導波路と最も高い結合効率を実現できる。従って、半導体レーザの横モードがシングルモードで発振した場合に、シングルモード導波路と最も強く結合し、結合した光が導波路を通過して、外部ミラーにより反射されて、再び半導体レーザに帰還する。即ち、半導体レーザの発振がシングルモードのとき、半導体レーザ活性層内の光パワー密度が最も高くなる。このため、半導体レーザの横モードがシングルモードを選択的に励起する状態となる。

【0016】

しかしながら、モード変換器だけでは十分にシングルモードを励起出来ないことが判明した。ワイドストライプレーザの場合、横モードのみならず、縦モードも複数存在するので、波長の異なる横モードが複数存在し、縦モード、横モードをあわせたモードの数は非常に多くなる。この様な状況で、モード変換器だけでは他のモードとのロスの差が大きくとれない。半導体レーザは最もロスの少ない状態に発振状態が固定されるが、複数のモードのロスとゲインの条件差が小さい場合、複数のモードが存在する不安定な状態になる。単一のモードを選択的に励起するには、他のモードに対して十分ロスが少ない状態、即ち

、特定のモードに対するノイズバックが他のモードに対して与える必要はない状態を必要とする必要がある。この問題を解決するため、本発明では、波長選択フィルターを同時に併用する方法を提案した。半導体レーザの発振波長を固定し、同時に横モードの選択制を持たせることで、発振可能な横モードの数を制限し、安定な横モードシングル発振を実現できる。

【0017】

図3は、この原理を利用したコヒーレント光源である。導波路デバイスは、テーバ導波路303とシングルモード導波路304から構成される。ワイドストライプの半導体レーザ301から出射した光は、テーバ導波路303に結合した後シングルモード導波路304を伝搬する。シングルモード導波路に結合した光はブラッグ反射グレーティング305により反射されて、半導体レーザに帰還する。半導体レーザの横モードは最も帰還の大きなモードに自動的に固定される。即ち、レーザからテーバ導波路を通して、シングルモード光導波路に最大に結合するとき、シングルモード導波路のブラッグ反射からの反射光が最大となり、半導体レーザへの光帰還が最も大きくなる。このため、半導体レーザの発振横モードはシングルモード導波路に最も結合するモードに自動的に固定される。

【0018】

導波路モードの解析を行った結果、テーバ導波路を介してシングルモード導波路との結合が最大となるのは、半導体レーザの横モードがほぼシングルモードに近い場合である。図2はワイドストライプのFP-LDの端面での横モード（幅方向）の電界強度分布を示したものである。通常の状態では（b）に示すような横モードがマルチモード状態で発振しているこれに対し、本発明の構成をとれば、（c）に示すように横モードがほぼシングルモード状態で発振しているのが分かる。

【0019】

また、さらにシングルモード導波路を伝搬する導波光は電界分布の状態が単一なため、実効屈折率が一義的に決定される。このためブラッグ反射グレーティングによって反射されるモードは単一となり、半導体レーザに帰還する波長、モード共に唯一に固定される。このため、半導体レーザの発振は、縦モード、横モードともにほぼシングルの状態となり、非常に安定に動作する。

【0020】

ワイドストライプの半導体レーザをシングルモード状態で発振できるのは2つの意味で大きな利点がある。一つはシングルモードの光導波路デバイスとの結合効率向上である。半導体レーザの高出力化は導波路断面積で規制される。このため横モードがシングルの半導体レーザの高出力化には限界がある。例えば波長650～680nmの赤色半導体レーザではCW出力で70mW程度、800nm帯で150mW程度、980nm帯で500mW程度である。これに対してワイドストライプの半導体レーザの出力は数100mWから数Wと一桁以上高い出力が可能である。ところが、シングルモードの導波路との結合を考えるとワイドストライプの半導体レーザは殆ど利用できない。シングルモードの半導体レーザならばシングルモードの導波路と50～80%の高効率で結合可能であるが、ワイドストライプの半導体レーザは数%の結合効率しか達成できない。さらにワイドストライプの半導体レーザは横モードが容易に変動するため、導波路との結合も大きく変動して不安定な動作となってしまふ。これに対して、本発明の構成は、シングルモードの導波路デバイスとワイドストライプの半導体レーザとを高効率で結合可能となるため、光導波路デバイスのシングルモード導波路に高出力の光を導波させることが可能となる。さらに、半導体レーザの波長および導波路との結合状態を安定に保つことが実現できるため、低ノイズで安定な特性を実現できる。

【0021】

もう一つは高出力のシングルモード半導体レーザ光源の実現である。半導体レーザの高出力化を困難にするのは、半導体レーザでの端面劣化の問題である。半導体レーザを導波する光のパワー密度が増大すると端面近傍で光破壊による端面劣化が生じる。これは半導体レーザを構成している結晶の僅かな光吸収によるもので、吸収による発熱で端面が劣化する。これを防止するために半導体レーザの導波路サイズを拡大してパワー密度を低減し

・ 同山カビで可能にしたのがノイドヘッドノイズの半導体レーザーである。ところが、ノイドヘッドタイプの半導体レーザーは、縦モード、横モード共にマルチモードのため、ノイズが大きく、結合の劣化、不安定といった問題がある。この問題を解決するのが、本発明の構成である。図3に示すように、ワイドストライプ半導体レーザーの出射側に、ブラック反射グレーティングを有するテーバ導波路を接合する。テーバ導波路の材質としては、半導体レーザーの発振波長に対して透明な材質を用いる。例えば、 LiNbO_3 、 LiTaO_3 、 SiO_2 、 GaN 、 Al_2O_3 等の透明度の高い物質である。テーバ導波路の出射部では、導波光のパワーは非常に高くなるが、吸収の少ない材料を用いることで端面劣化を防止することが可能となる。ワイドストライプの半導体レーザーとテーバ導波路をハイブリッド構造とすることで、高出力のシングルモード光源を実現できる。ブラック反射を利用することで、縦モード、横モードともにシングルモード状態に固定することが可能となり、低ノイズ、高出力、縦横モードシングル、安定な光源を実現できる。

【0022】

この様な構成は、高出力化に有利である。半導体レーザーは前述したように、導波路内のパワー密度の増大により端面破壊、信頼性の劣化等が発生するため、シングルモードでの高出力化が難しい。これに対して、誘電体の光導波路はロスが小さく、高出力耐性に優れる。また屈折率等の制御が容易なため、比較的大きな形状のシングルモード導波路の形成も可能である。このため、光導波路によりシングルモード化が可能になれば、ビーム品質の高い高出力コヒーレント光源が実現出来る。さらに、光導波路に機能素子を集積化することで、高機能的な素子を実現できる。

【0023】

また、半導体レーザーと光導波路を接合することで、複合キャビティが構成されるという問題が発生する。半導体レーザーの両端面から構成される共振器と、ブラック反射器を含む共振器である。さらに、導波路の端面反射も共振器を構成する。共振器が複数存在すると発振モードが不安定になるため、導波路の出射端面は斜めにし、出射端面からの反射を防止するのが、好ましい。

【0024】

また半導体レーザーの導波路と結合する側の出射端面は、ブラック反射器からの戻り光が活性層内に十分帰還するため、反射率を1%以下に抑えるのが好ましい。

【0025】

一方、半導体レーザーの共振器とブラック反射との共振関係から縦モードの選択制が向上する。半導体レーザーの共振器長が短いため、縦モードの間隔は比較的大きい。このためブラック反射器の反射スペクトルの幅が数 μm 程度であっても、十分な縦モードの制御が可能となる。また、半導体レーザーの共振器とブラック反射器との共振器により複合共振器構造となるため、発振波長の狭帯域化が図れる。

【0026】

なお、本発明の構成では、半導体レーザーからの光をシングルモード導波路から取り出す構成を示したが、半導体レーザーの後端面側から出射するのも可能である。この場合は、ブラック反射器の反射率を50%以上とし、半導体レーザー側から効率良く光を取り出す必要がある。半導体レーザーに導波路素子を集積化することで、高出力のシングルモード励起半導体レーザーが構成できる。

【0027】

なお、ワイドストライプの半導体レーザーの活性層幅は $100\mu\text{m}$ 以下が望ましい。シングルモード導波路の幅は数 μm から $10\mu\text{m}$ 程度であるため、シングルモード導波路の幅と半導体レーザーのモード幅の差が大きすぎると、テーバ導波路によるシングルモード導波路の変換効率が低下する。さらに望ましくは $20\mu\text{m}$ 以下がよい。 $20\mu\text{m}$ 以下であれば、効率80%以上でシングルモード導波路と結合できる。

【0028】

(実施の形態2)

本発明の構成を波長変換素子に適用した例を図4を用いて説明する。

【0023】

非線形光学効果を利用した波長変換素子は、半導体レーザの光を短波長の高調波に変換できる。このため、高出力化が容易で、信頼性の高い赤外半導体レーザを用いて、小型の高出力短波長光源が実現できる。

【0030】

高効率変換が可能な波長変換素子としては、周期状の分極反転構造からなる擬似位相整合型の波長変換素子がある。非線形光学材料としてはMgドープのLiNbO₃、LiTaO₃、またはKTiOPO₄等がある。分極反転構造を変えることで任意の波長変換が可能であり、高効率変換が行える。光導波路構造にすることで、さらに高い変換効率が実現できる。しかしながら、波長変換素子は、変換可能な波長の許容度が非常に狭い。例えば10mm程度の素子長の場合、波長許容度は0.1nm程度である。このため、変換可能な波長は0.1nm以下の発振スペクトルを有し、かつシングルモード導波路が必要となる。従って、縦モードおよび横モードにシングルモード性が要求される。本発明の構成は波長変換素子への応用に最適である。図4は本発明のコヒーレント光源の構成図を示したものである。図4(a)において、ワイドストライプの半導体レーザ401はテーパ導波路402に直接結合している。半導体レーザからの光はテーパ導波路402を通してシングルモード導波路404に結合する。シングルモード導波路にはブラッグ反射グレーティング405が形成されており、波長選択された光は一部半導体レーザに帰還する。これによって、半導体レーザはシングル縦モードかつシングル横モード発振となり、シングルモード導波路に効率よく結合する。光導波路には周期的な分極反転構造406が形成されており、ブラッグ反射グレーティングにより反射されなかった光は、分極反転構造406で波長が半分の第2高調波に変換される。例えば波長880nmの半導体レーザを500mWで駆動すれば、波長変換素子により変換され300mW程度の440nmの青色光が実現できる。

【0031】

このような構成は幾つかの方式が適用可能である。例えば、図4(a)のブラッグ反射グレーティングの位置は分極反転構造の後ろ、出射端面近傍でもよい。この場合、半導体レーザの光がより多く分極反転部を透過するので、変換効率が向上して好ましい。

【0032】

また、図4(b)に示すように、分極反転構造406をブラッグ反射グレーティングとして利用することも可能である。分極反転構造は高電圧の印加により結晶の方向を強制的に反転させるが、その際に分極壁に残る歪みにより僅かな屈折率変化が生じる。この特性を利用して分極反転構造を周期的な屈折率変化として利用し、ブラッグ反射グレーティングが構成できる。ただし、この場合、ブラッグ波長と波長変換のための位相整合波長を整合させる必要があるので、利用できる変換波長は限られる。

【0033】

さらに、波長選択フィルターとして図4(c)に示すファイバグレーティングを利用するのも可能である。ファイバグレーティングは高精度な波長制御が可能であり、有効である。またファイバグレーティング部分の温度を制御することで半導体レーザの発振波長が可変できる。これによって半導体レーザの発振波長を波長変換素子の位相整合波長に調整することができる。ファイバにより距離をとれば、温度は伝わらないので、安定に波長制御ができる。また波長変換された光をファイバから取り出せるという利点も有する。

【0034】

また、図5に示すように、波長選択フィルターを用いた構成も利用できる。波長選択フィルターは狭帯域のバンドパスフィルターであり、透過波長幅が0.2μm程度、透過率が80%程度のものが実現できている。狭帯域フィルターを用いると、集積化した場合に比べて、小型化では不利であるが、調整が容易という利点を有する。図5(a)の構成について説明する。波長880nmの半導体レーザ501から出た光はテーパ導波路503を通してシングルモード導波路509に結合するシングルモード導波路に結合した光は周

・ 期ハツガ極反転構造により、同調波に変換される。変換されなかつた光は導波路から出射し、波長選択フィルターを通してダイクロイックミラー511により反射される。波長選択フィルター510の特性としては、基本波に対しては波長880nm±0.1nmで80%以上の透過率を有する。一方、ダイクロイックミラーは880nmの光は95%透過し、440nmの光は95%以上反射する。このため、高調波はダイクロイックミラー511で反射されて高調波512となって出射される。一方、波長880nmの基本波は、波長選択フィルターで波長選択された後、ミラー513で反射されて、再び、同じ経路を通して半導体レーザ501の活性層に帰還する。波長選択フィルター510およびテーバ導波路503により横モード、縦モードともに選択されることで、半導体レーザ501は、横モード、縦モードともにシングルモードに固定され、シングルモード導波路509との安定した高効率結合を実現できた。高効率で変換するための半導体レーザの発振波長を位相整合波長に調整する必要があるが、波長選択フィルター510の角度を変えることで、フィルターの透過波長が可変できる。半導体レーザの出力500mW、結合効率は60%であり、高調波として150mWの出力が得られた。波長安定性、結合の安定性に優れるため、安定な高出力変換が実現できた。

【0035】

図5(b)の構成について説明する。図5(a)の構成をさらに単純化、部品点数の削減および、光学系をシンプルにしている。波長880nmの半導体レーザ501から出た光はテーバ導波路503を通してシングルモード導波路509に結合するシングルモード導波路に結合した光は周期状の分極反転構造506によって高調波に変換される。変換されなかった光は導波路から出射し、波長選択フィルターを通してダイクロイックミラー511により反射される。波長選択フィルター510の特性としては、基本波に対しては波長880nm±0.1nmで80%以上の透過率を有する。一方、波長440nmの高調波に対しては85%以上の透過率を持つ。一方、ダイクロイックミラーは880nmの光は99%反射し、440nmの光は95%以上透過する。このため、高調波は波長選択フィルター510、ダイクロイックミラー511を透過して高調波512となって出射される。一方、波長880nmの基本波は、波長選択フィルターで波長選択された後、ダイクロイックミラー511で反射されて、再び、導波路509に入射し、半導体レーザ501の活性層に帰還する。波長選択フィルター510およびテーバ導波路503により横モード、縦モードともに選択されることで、半導体レーザ501は、横モード、縦モードともにシングルモードに固定され、安定した高効率結合をシングルモード導波路509と実現できた。半導体レーザの出力500mW、結合効率は60%であり、高調波として120mWの出力が得られた。部品点数が削減でき、かつ光学系も直線光学系のため調整が容易で、小型化、安定化が実現できた。

【0036】

(実施の形態3)

図6は本発明の他のコヒーレント光源である。

【0037】

ここでは、波長選択フィルターとしてのブラックグレーティングを半導体レーザに集積化した。ブラックグレーティングを半導体レーザに集積することで、ブラック回折の効果を強化できるため、半導体レーザの出力変調を高速化できる。

【0038】

図6において、ワイドストライプの半導体レーザ601から出た光はテーバ導波路604を介してシングルモード導波路605と結合する。シングルモード導波路を伝搬する光は周期状の分極反転構造603により高調波に変換される。導波路端面に形成した反射膜は誘電体の多層膜から構成され、高調波は95%以上透過、基本波は80%以上反射する構成となっている。反射された基本波は再び半導体レーザ601の活性層に結合する。半導体レーザに設けたブラックグレーティングにより波長選択され、テーバ導波路とシングルモード導波路によりモード選択されることで、半導体レーザ601は横モードおよび縦モードともに、シングルモード発振する。これによって、高効率な波長変換が達成できる

。側面が半導体のため、小型化が容易であり、安定化も高い。ノレーノインノを半導体レーザに集積することで高速な出力変調も可能となった。

【0039】

（実施の形態4）

ここでは、ブラックグレーティングを形成したファイバグレーティングを用いた構造を示す。図7上図は、ワイドストライプの半導体レーザ701にテーパー導波路703を介して、シングルモードファイバーに結合する。ファイバー707にはブラック反射グレーティング708が形成されており、ワイドストライプの半導体レーザに、ブラック反射グレーティングからの反射光が帰還する。このフィードバック光により半導体レーザの横モードおよび縦モードがシングルモードに固定される。図7下図に示すように、テーパーファイバーも同様に利用できる。半導体レーザからの出力としては、ファーマー側または、半導体レーザの後端面からの出力が可能である。半導体レーザとテーパーファイバーを組み合わせることで、高出力のシングルモード光の発生が可能となる。

【0040】

（実施の形態5）

ここでは、本発明のコヒーレント光源を用いた光学装置としてレーザディスプレイについて説明する。RGBレーザを用いれば、色再現性の高いディスプレイが実現できる。しかしながら、レーザ光源としては、赤色半導体レーザは高出力のものが開発されているが、青色に関しては高出力化が実現しておらず。緑色に関しては半導体レーザの形成が難しい。そこで波長変換を利用した緑および青色光源が必要となる。本発明のコヒーレント光源はワイドストライプの半導体レーザが利用できるため、波長変換素子と組み合わせて高出力の青、緑色光が実現できる。青色出力としては880nmの半導体レーザを波長変換して、440nmの青色光を、緑色光としては1060nmの半導体レーザを波長変換して530nmの緑色光を実現できる。図8においては、これらの光源を一体化し、803のプリズムを介して802の2次元スイッチに投射、スイッチングされた光をレンズ804でスクリーンに投射することで2次元画像が投射できる。2次元スイッチとしてはマイクロマシーンを利用したMEMSや液晶スイッチ等が利用できる。出力としてはスクリーンサイズによるが、数10mWから数100mW程度が必要である。本発明のコヒーレント光源により小型の短波長光源が実現できたので、レーザディスプレイの小型化、高効率化が可能となった。

【0041】

レーザディスプレイ装置としては図9に示す方式も有効である。レーザ光はミラー902、903で走査することによりスクリーン上に2次元的な画像を描く。この場合にはレーザ光源に高速なスイッチ機能が必要であるが、半導体レーザの出力を変調することで、高速出力変調が可能となる。本発明のコヒーレント光源は、高出力化が可能であり、レーザディスプレイ用途に有望である。また光フィードバックによりワイドストライプレーザでありながら、縦モード、横モードともにシングルモードに固定されているため、レーザの出力変調が高速で行える。これによって、走査型のレーザディスプレイが実現できた。

【0042】

以上、導波型光デバイスにSHG素子を用いた例を挙げて本発明の実施の形態を説明したが、導波型光デバイスは特にSHG素子に限らない。例えば高速変調素子や位相シフタ、周波数シフタ、偏光制御素子など、導波型光デバイスとして様々な機能、構成のものが考えられるが、こうした導波型光デバイスとコヒーレント光源を用いた光学系全てに本発明の導波型光デバイスを応用可能である。ただし、SHG素子を用いた光源では半導体レーザとして高出力の半導体レーザを用いることが多いため、高出力レーザとしてワイドストライプの半導体レーザを利用できれば、小型高出力の光源が実現できる。そのため、本発明の構造を用いることで、高出力化、安定化が実現できる。

【0043】

また、光学装置としては、レーザディスプレイについて説明したが、その他、光ディスク装置や、計測装置にも有効である。光ディスク装置では、書き込み速度の高速化により

レーザ出力の向上が示められている。さらに、レーザには回折限界の集光特性が示められるため、シングルモード化は必須である。本発明の光源は高出力かつ、高いコヒーレンスを有するため、光ディスク等への応用にも有効である。

【産業上の利用可能性】

【0044】

以上述べたように、本発明のコヒーレント光源は、高出力化が容易なワイドストライプ半導体レーザに、波長選択およびモード選択を加えたのち、光を帰還させることで、ワイドストライプレーザの横モードおよび縦モードをシングルモード発振に固定することが可能となる。これによって、高出力のシングルモード発振レーザを実現できる。高出力のシングルモード半導体レーザは、集光特性に優れ、コヒーレンスが高いため、回折限界までの集光が可能となり、光ディスクやレーザ加工、光の回折を利用した計測装置、またシングルモード導波路を利用した各種光デバイスへの応用が可能となる。さらに、本発明の高出力レーザを波長変換素子と共に用いると、高出力特性を利用した高効率、高出力の短波長光源が実現できるため、その実用効果は大きい。

【0045】

さらに、このコヒーレント光源を用いれば、高出力の小型RGB光源が実現できるためレーザディスプレイをはじめ、光ディスク装置等各種の光学装置への応用が可能となり、その実用効果は大きい。

【図面の簡単な説明】

【0046】

【図1】本発明の実施の形態に係るコヒーレント光源の構成図を一例を示す図

【図2】本発明の実施の形態に係るワイドストライプレーザにおける発振波長の電界強度分布を示す図（a）ワイドストライプレーザの断面を示す図（b）マルチモード発振時の電界強度分布を示す図（c）シングルモード発振時の電界強度分布を示す図

【図3】本発明の実施の形態に係るコヒーレント光源の構成図の他の一例を示す図

【図4】本発明の実施の形態に係るコヒーレント光源の構成図の他の一例を示す図

【図5】本発明の実施の形態に係るコヒーレント光源の構成図の他の一例を示す図

【図6】本発明の実施の形態に係るコヒーレント光源の構成図の他の一例を示す図

【図7】本発明の実施の形態に係るコヒーレント光源の構成図の他の一例を示す図

【図8】本発明の実施の形態に係る光学装置の構成図の一例を示す図

【図9】本発明の実施の形態に係る光学装置の構成図の他の一例を示す図

【符号の説明】

【0047】

101	半導体レーザ
102	モード変換器
103	シングルモード導波路
104	波長フィルター
105	ミラー
300	導波路デバイス
301	半導体レーザ
302	基板
303	テーパ導波路
304	シングルモード導波路
305	ブラッグ反射グレーティング
401	半導体レーザ
402	テーパ導波路
404	シングルモード導波路
405	ブラッグ反射グレーティング
406	分極反転
407	ファイバー

4 0 0	ノノソノ反射ノレーノインノ
5 0 1	半導体レーザ
5 0 3	テーバ導波路
5 0 6	分極反転
5 0 9	シングルモード導波路
5 1 0	波長選択フィルター
5 1 1	ダイクロイックミラー
5 1 2	高調波
5 1 3	ミラー
6 0 1	半導体レーザ
6 0 2	グレーティング
6 0 3	分極反転
6 0 4	テーバ導波路
6 0 5	シングルモード導波路
6 0 6	反射膜
7 0 1	半導体レーザ
7 0 2	基板
7 0 3	テーバ導波路
7 0 4	シングルモード導波路
7 0 7	ファイバー
7 0 8	ブラッグ反射グレーティング
7 0 9	テーバファイバー
8 0 1	光源
8 0 2	2次元スイッチ
8 0 3	プリズム
8 0 4	レンズ
8 0 5	R G Bレーザ
8 0 7	回折素子
9 0 1	光源
9 0 2	ミラー
9 0 3	ミラー
9 0 4	レーザ光
9 0 5	スクリーン

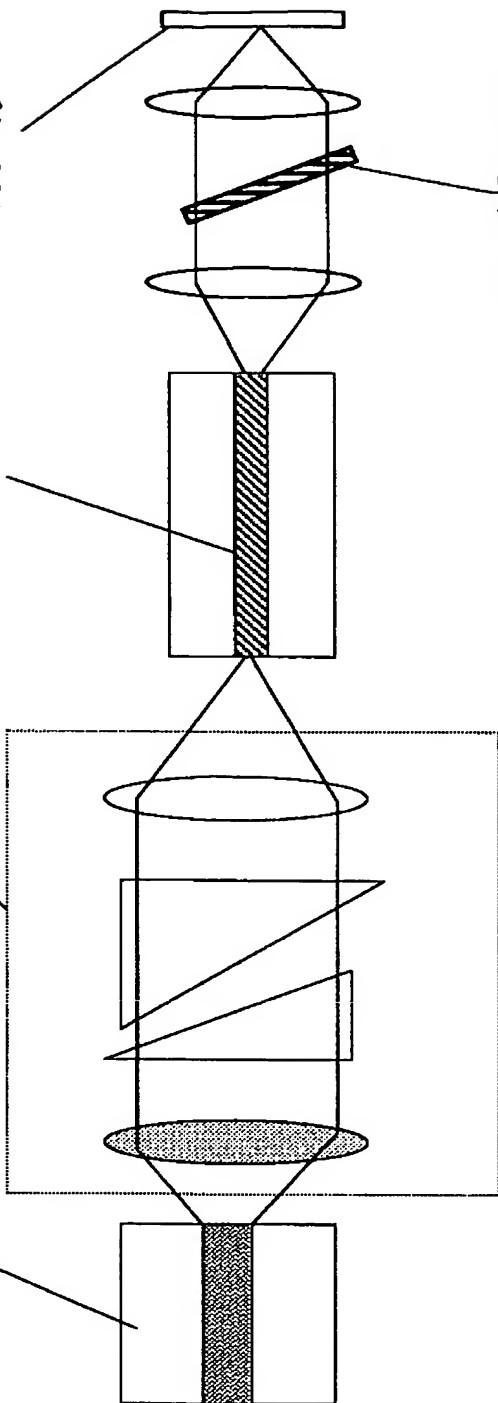
101 半導体レーザー

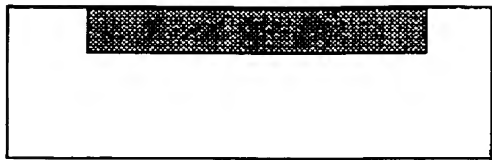
102 モード変換器

103 シングルモード導波路

105 ミラー

104 波長フィルター

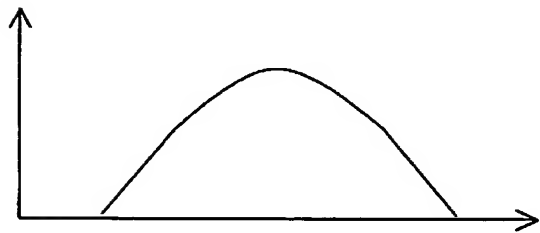




(a)

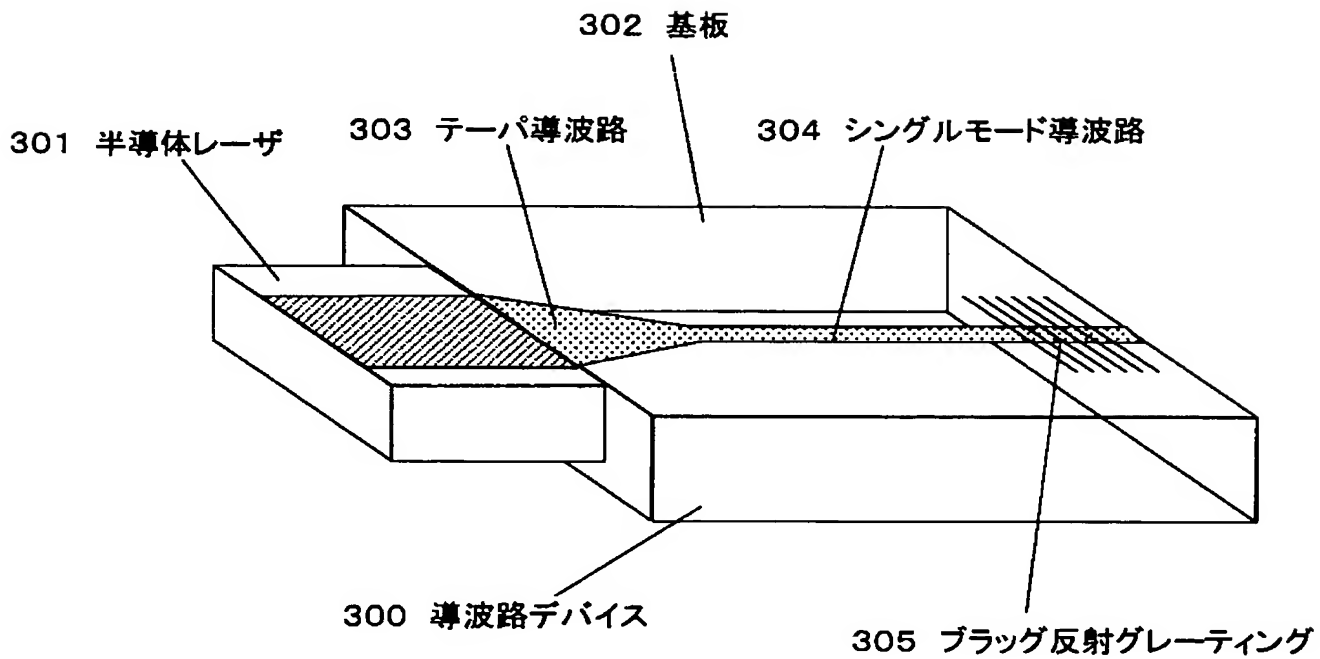


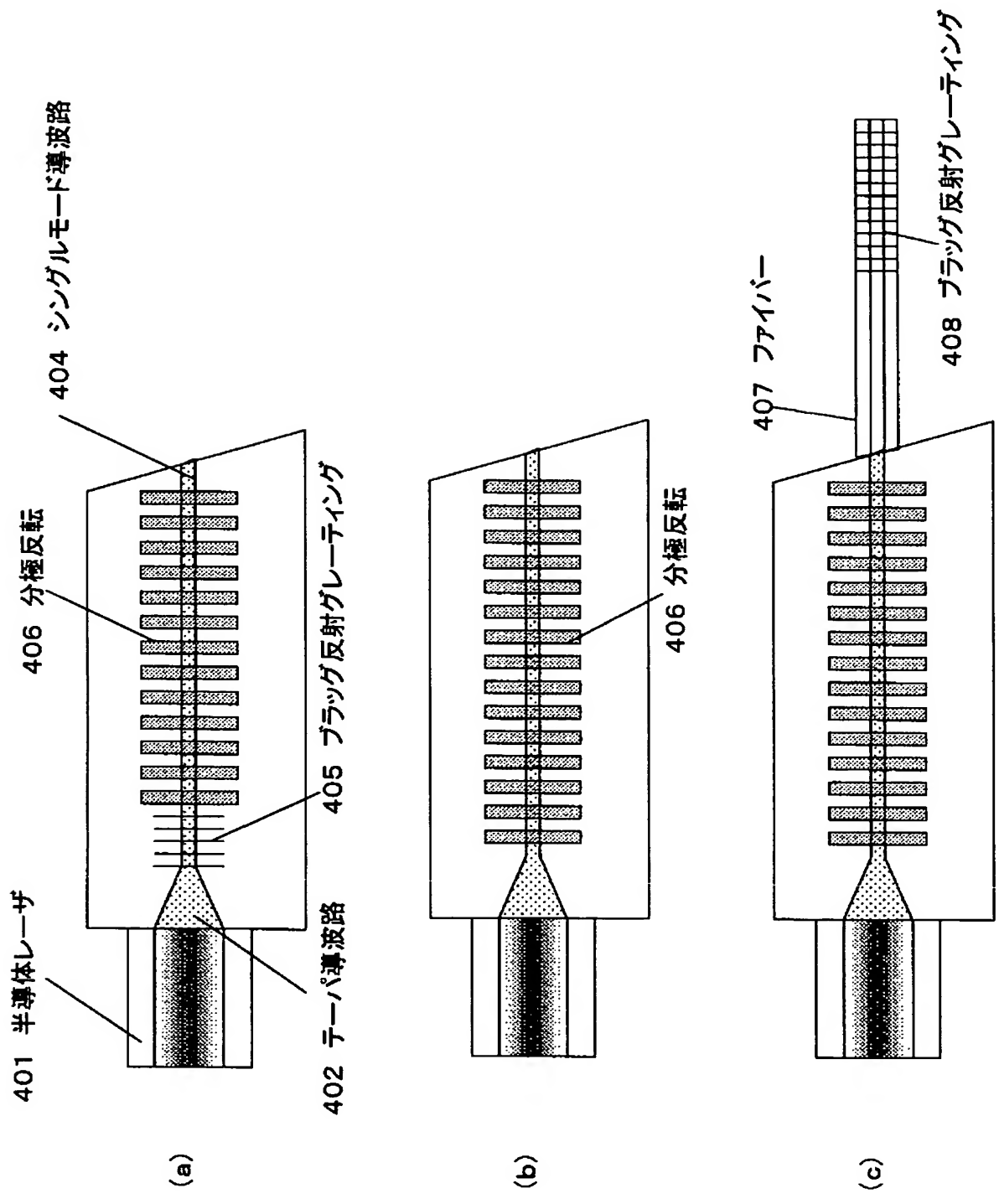
(b)

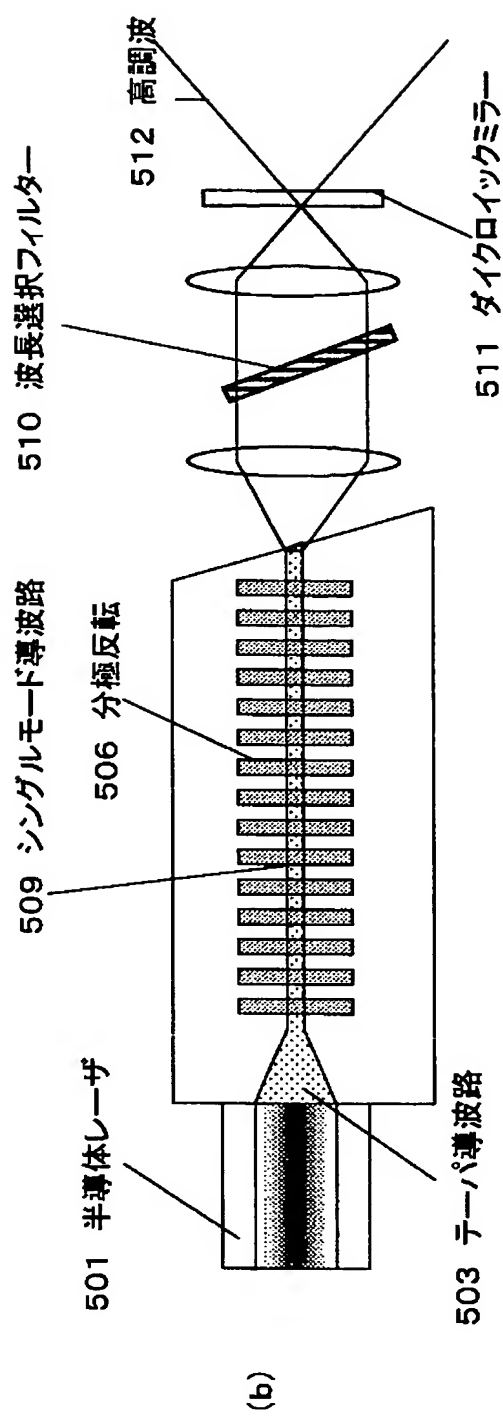
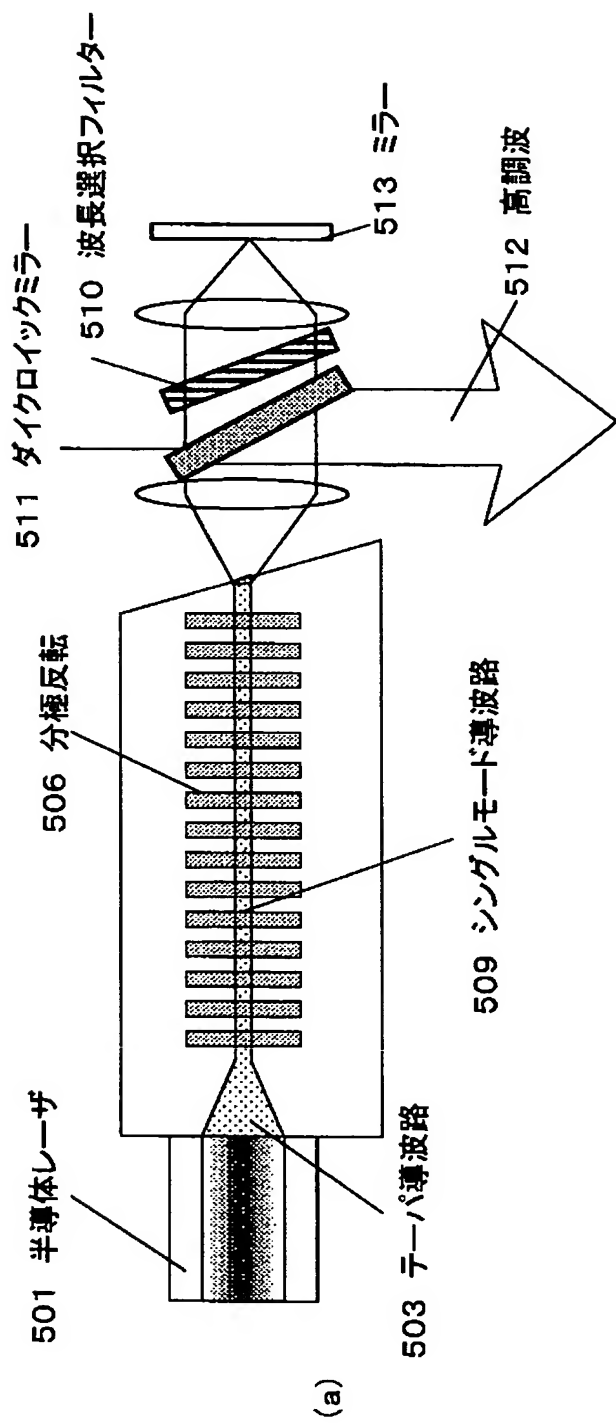


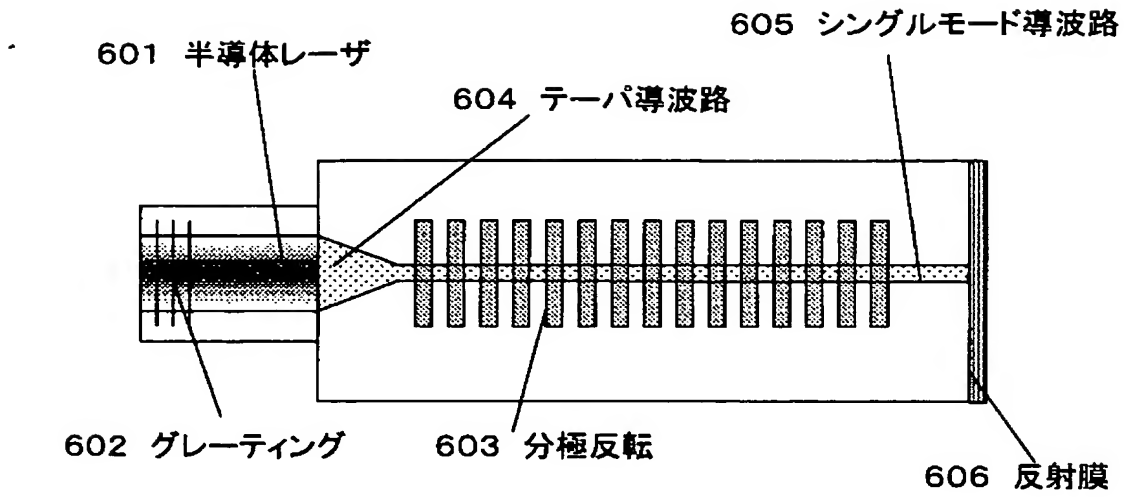
(c)

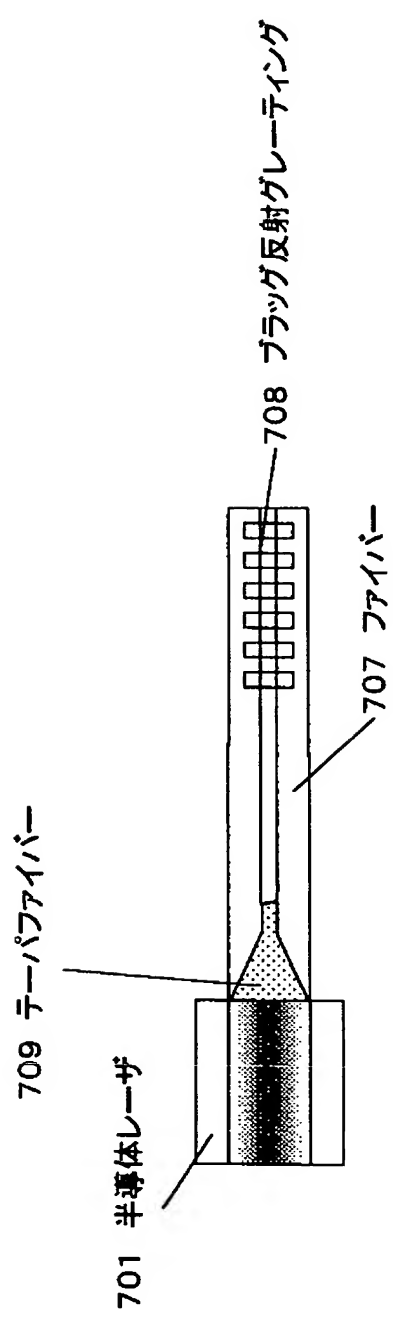
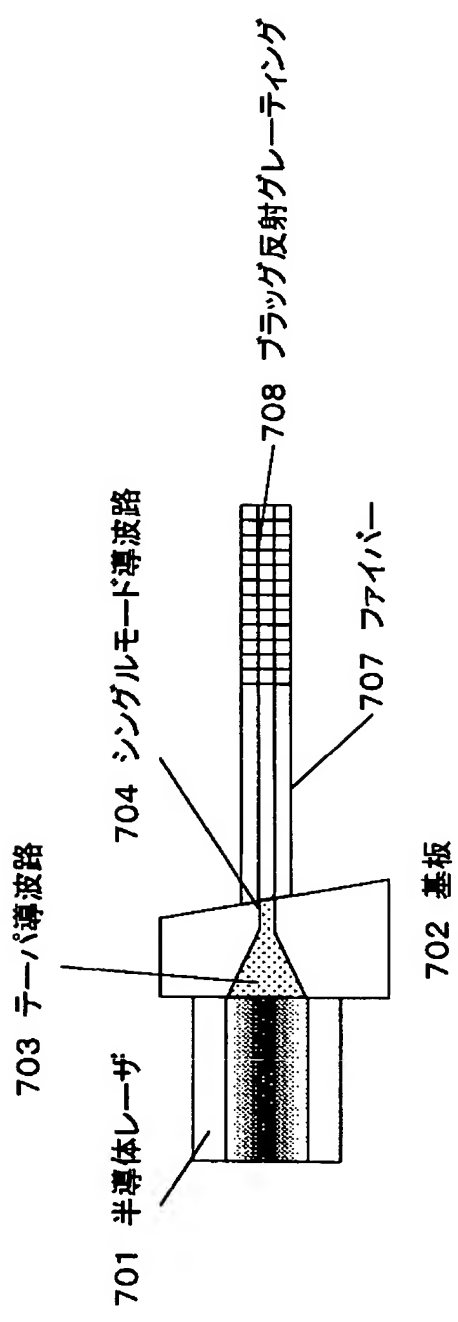
【図 3】

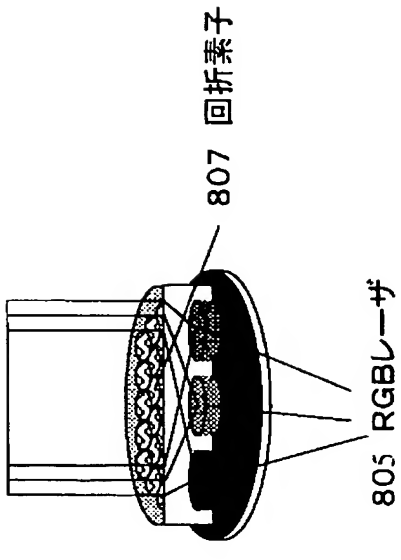
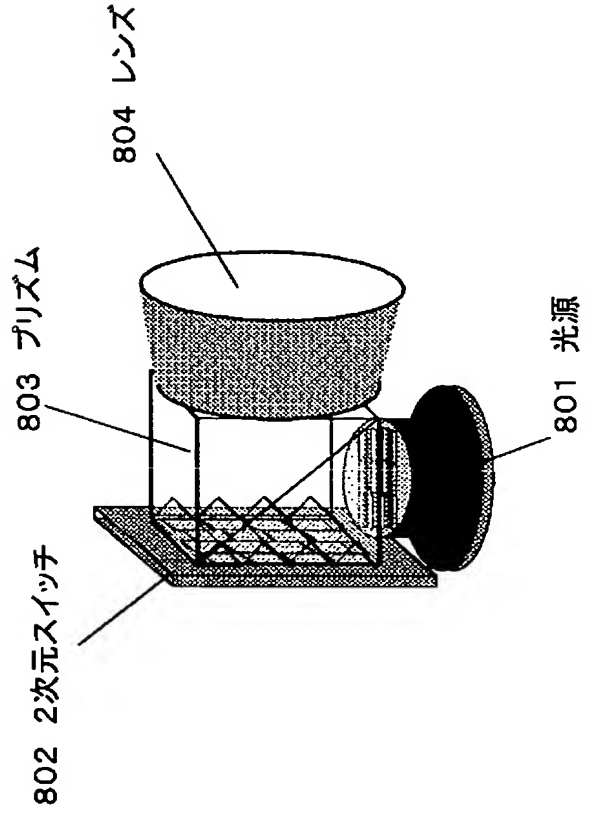


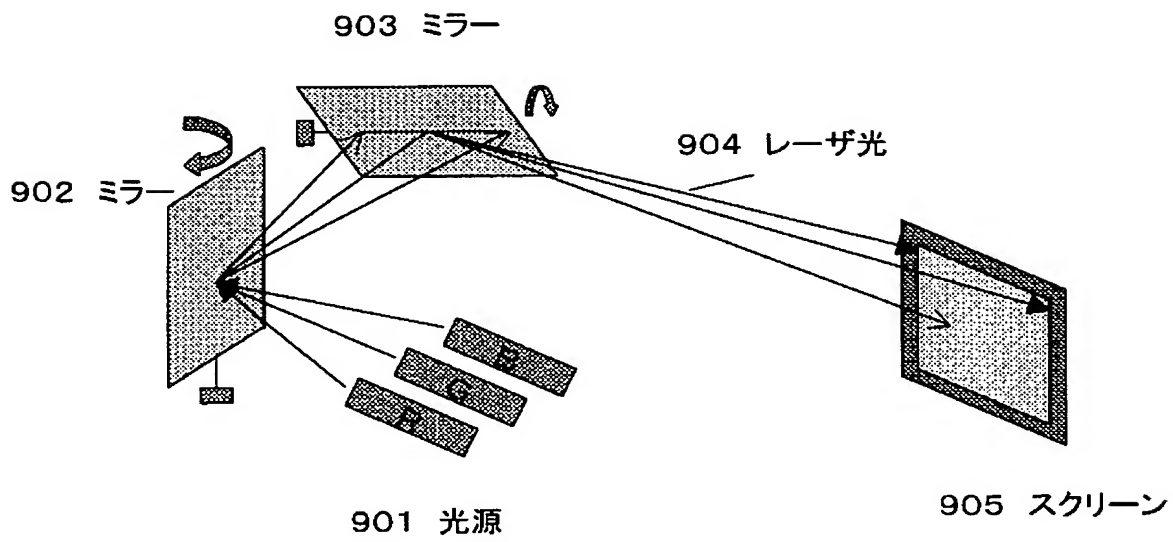












【要約】

・ 【課題】 ワイドストライブレーザは高出力化が容易であるが、横モードがマルチモードであり、シングルモード導波路やシングルモードファイバーとの結合効率が低く、コヒーレンスの高いデバイスへの応用に問題があった。

【解決手段】 ワイドストライプの半導体レーザから出射された光を、モード変換器および波長選択フィルターを透過した後、半導体レーザの活性層に帰還させることで、半導体レーザの発振モードをシングルモードに固定することが可能となる。

【選択図】 図 1

， 0 0 0 0 0 5 8 2 1
19900828
新規登録

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地
松下電器産業株式会社

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/004526

International filing date: 15 March 2005 (15.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-115277
Filing date: 09 April 2004 (09.04.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 28 April 2005 (28.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☒ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.